

14.10.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

JP04/015545

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年11月 6日

出願番号
Application Number: 特願2003-376456
[ST. 10/C]: [JP 2003-376456]

REC'D 02 DEC 2004

WIPO

PCT

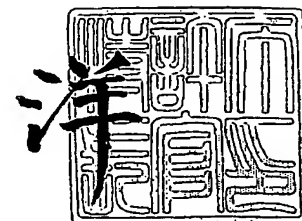
出願人
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 PA03-177
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 F02D 45/00
F02D 41/40

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 三宅 照彦

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 中山 茂樹

【特許出願人】
【識別番号】 000003207
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】
【識別番号】 100088971
【弁理士】
【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】
【識別番号】 100115185
【弁理士】
【氏名又は名称】 加藤 慎治

【選任した代理人】
【識別番号】 100115233
【弁理士】
【氏名又は名称】 樋口 俊一

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008268
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

内燃機関の排気通路を流れる排ガスの一部を同内燃機関の吸気通路へ還流せしめる EGR 装置を備えた内燃機関に適用される NO_x 排出量推定方法であって、

燃焼室内における燃焼により発生する NO_x 量と、前記 EGR 装置を介して前記燃焼室内に還流してきた NO_x 量とを利用して、前記排気通路から外部へ排出される排ガス中の NO_x 量を推定する内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 2】

内燃機関の排気通路を流れる排ガスの一部を同内燃機関の吸気通路へ還流せしめる EGR 装置を備えた内燃機関に適用される NO_x 排出量推定方法であって、

燃焼室内において燃焼が発生する領域である燃焼領域を推定するとともに、

前記燃焼領域内にて燃焼により発生する燃焼発生 NO_x 量と、前記燃焼室内における前記燃焼領域を除いた領域である非燃焼領域内における NO_x 量とを推定し、

前記燃焼発生 NO_x 量と、前記非燃焼領域内における NO_x 量とに基づいて、前記排気通路から外部へ排出される排ガス中の NO_x 量を推定する内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の内燃機関の NO_x 排出量推定方法において、

前記非燃焼領域内における NO_x 量を推定するにあたり、

前記 EGR 装置を介して前記燃焼室内に還流してきた NO_x 量のうち燃焼前に前記非燃焼領域内に存在する非燃焼領域還流 NO_x 量を、同非燃焼領域内における NO_x 量として推定することを特徴とする内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の内燃機関の NO_x 排出量推定方法において、

前記燃焼発生 NO_x 量を推定するにあたり、

前記 EGR 装置を介して前記燃焼室内に還流してきた NO_x 量のうち燃焼前に前記燃焼領域内に存在する燃焼領域還流 NO_x 量と、前記燃焼発生 NO_x 量のうち大きい方を同燃焼発生 NO_x 量として推定することを特徴とする内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 5】

請求項 2 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の内燃機関の NO_x 排出量推定方法において、

前記排気通路から外部へ排出される NO_x 量を推定するにあたり、

前記燃焼発生 NO_x 量と前記非燃焼領域内における NO_x 量とに基づいて排ガス中の NO_x 濃度を推定するとともに、同 NO_x 濃度に前記排気通路から外部へ排出される排ガス量を乗じた値を前記排気通路から外部へ排出される NO_x 量として推定することを特徴とする内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の内燃機関の NO_x 排出量推定方法において、

前記吸気通路に吸入される新気量を前記排気通路から外部へ排出される排ガス量として推定することを特徴とする内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 7】

請求項 2 乃至請求項 6 の何れか一項に記載の内燃機関の NO_x 排出量推定方法において、

前記燃焼領域を推定するにあたり、

前記燃焼室内に吸入された酸素量と、燃焼により消費される酸素量とを推定するとともに、前記燃焼室内に吸入された酸素量に対する前記燃焼により消費される酸素量の割合を利用して前記燃焼領域を推定することを特徴とする内燃機関の NO_x 排出量推定方法。

【請求項 8】

請求項 2 乃至請求項 7 の何れか一項に記載の内燃機関の NO_x 排出量推定方法において、

前記内燃機関が一作動サイクル中において少なくとも 1 回燃料をパイロット噴射した後
に同燃料をメイン噴射するように構成されている場合、

前記燃焼発生 NO_x 量を推定するにあたり、前記パイロット噴射により発生する不活性
ガスの影響を更に考慮して同燃焼発生 NO_x 量を推定することを特徴とする内燃機関の NO_x
排出量推定方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関のNO_x排出量推定方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、排気通路を流れる排ガスの一部を吸気通路へ還流せしめるEGR装置を備えた内燃機関に適用され、同排気通路から外部へ排出される排ガス中のNO_x量を推定するNO_x排出量推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

火花点火式内燃機関、ディーゼル機関等の内燃機関においては、排気通路から外部へ排出される排ガス中のNO_x量（以下、「NO_x排出量」と云うこともある。）を低減する必要がある。NO_x排出量を低減するためには、例えば、EGR装置により還流されるEGRガス量を増大させること、或いは、燃料噴射時期を遅らせること等により最高火炎温度（最高燃焼温度）を低下させることが有効である。

【0003】

しかしながら、一方では、NO_x排出量を低減するためにEGRガス量を増大させていくと（ディーゼル機関において）微粒子状物質（パティキュレート・マター、PM）の排出量が増大していくというトレードオフがあり、また、NO_x排出量を低減するために燃料噴射時期を遅らせていくと燃費が悪化していくというトレードオフがあることが知られている。

【0004】

従って、PM排出量の増大の抑制、燃費の悪化の抑制等を考慮した上でNO_x排出量を出来る限り低減するためには、同NO_x排出量を機関の運転状態に応じた所定の目標値に制御することが好ましい。NO_x排出量を所定の目標値に精度良く制御するためには同NO_x排出量を精度良く推定する必要がある。

【0005】

このため、下記特許文献1に記載の内燃機関の制御装置は、燃焼圧力、及び吸気酸素濃度を、筒内圧力センサ、及び吸気酸素濃度センサによりそれぞれ検出するとともに、これらに基づいて算出した燃焼温度、及び混合気濃度とに基づいて、代表的な公知の燃焼モデルの一つである拡大ゼルドビッチ（ZELDOVICH）機構を用いて燃焼により発生するNO_x量（以下、「燃焼発生NO_x量」と称呼する。）を推定する。そして、推定された燃焼発生NO_x量が所定の燃焼発生NO_x量目標値になるようにEGRガス量、或いは燃料噴射時期等を制御することで、NO_x排出量を所定の目標値に制御するようになっている。

【特許文献1】 特開2002-371893号公報

【0006】

ところで、EGR装置を備えた内燃機関においては、EGR装置を介してEGRガス中のNO_xが燃焼室内に還流してくる。加えて、上記燃焼発生NO_x量は、燃焼室の一部であって燃焼が発生する領域（以下、「燃焼領域」と称呼する。）内において発生するNO_xの量である。従って、燃焼室内における燃焼領域を除いた領域（以下、「非燃焼領域」と称呼する。）においては燃焼後においても前記還流されてきたNO_xが残存しているから、NO_x排出量を精度良く推定するためには、上記燃焼発生NO_x量のみならず、前記「非燃焼領域内に残存しているNO_x量」をも考慮することが必要である。

【0007】

これに対して、上記従来の装置においては、「非燃焼領域内に残存しているNO_x」に対する考慮が全くなされていない。従って、かかる従来の装置をEGR装置を備えた内燃機関に適用した場合、NO_x排出量を精度良く推定することができず、この結果、同NO_x排出量を所定の目標値に精度良く制御することができないという問題があった。

【発明の開示】

【0008】

本発明は、かかる課題に対処するためになされたものであって、その目的は、EGR装置を備えた内燃機関に適用されるNO_x排出量推定方法であって、非燃焼領域内に残存しているNO_x量を考慮して排気通路から外部へ排出されるNO_x排出量を精度良く推定することができるものを提供することにある。

【0009】

本発明による内燃機関のNO_x排出量推定方法は、EGR装置を備えた内燃機関に適用され、燃焼室内における燃焼により発生するNO_x量（即ち、上記燃焼発生NO_x量）と、前記EGR装置を介して前記燃焼室内に還流してきたNO_x量とを利用して、機関の排気通路から外部へ排出される排ガス中のNO_x量（即ち、上記NO_x排出量）を推定する方法である。

【0010】

EGR装置を介して燃焼室内に還流してきたNO_x量（の一部）は、燃焼後において上述した「非燃焼領域内に残存しているNO_x量」となり得る。従って、これによれば、上記燃焼発生NO_x量のみならず、「非燃焼領域内に残存しているNO_x量」が考慮されてNO_x排出量が推定され得る。従って、NO_x排出量を精度良く推定することができる。

【0011】

本発明によるより具体的なNO_x排出量推定方法は、EGR装置を備えた内燃機関に適用され、燃焼室内において燃焼が発生する領域である燃焼領域を推定するとともに、前記燃焼領域内にて燃焼により発生する燃焼発生NO_x量と、前記燃焼室内における前記燃焼領域を除いた領域である非燃焼領域内におけるNO_x量とを推定し、前記燃焼発生NO_x量と、前記非燃焼領域内におけるNO_x量とに基づいて、前記排気通路から外部へ排出される排ガス中のNO_x量を推定する方法である。

【0012】

これによっても、推定された燃焼領域内にて燃焼により発生する上記燃焼発生NO_x量のみならず、（燃焼後における）非燃焼領域内におけるNO_x量、従って、上述した「非燃焼領域内に残存しているNO_x量」が考慮されてNO_x排出量が推定され得る。従って、NO_x排出量を精度良く推定することができる。

【0013】

この場合、前記非燃焼領域内におけるNO_x量を推定するにあたり、前記EGR装置を介して燃焼室内に還流してきたNO_x量のうち燃焼前に前記非燃焼領域内に存在する非燃焼領域還流NO_x量を、同非燃焼領域内におけるNO_x量として推定することが好適である。

【0014】

燃焼室内における燃焼は燃焼領域内でのみ発生し、非燃焼領域では燃焼が発生しないことから、EGR装置を介して燃焼室内に還流してきたNO_x量のうち燃焼前（燃焼開始前）に同非燃焼領域内に存在する非燃焼領域還流NO_x量は、燃焼後においてもそのまま保存（保持）され得ると考えることができる。換言すれば、非燃焼領域還流NO_x量は、そのまま上述した「非燃焼領域内に残存しているNO_x量」となり得る。従って、上記のように構成すれば、簡易な構成（燃焼モデル）で、且つ精度良く「非燃焼領域内に残存しているNO_x量」を推定することができ、この結果、簡易な計算でNO_x排出量を正確に推定することができる。

【0015】

更には、前記燃焼発生NO_x量を推定するにあたり、前記EGR装置を介して前記燃焼室内に還流してきたNO_x量のうち燃焼前に前記燃焼領域内に存在する燃焼領域還流NO_x量と、（燃焼後に発生する）前記燃焼発生NO_x量のうち大きい方を（燃焼後に燃焼領域内に残存しているNO_x量としての）同燃焼発生NO_x量として推定することが好適である。

【0016】

燃焼領域では、燃焼開始前においてはEGR装置を介して前記燃焼室内に還流してきたNO_x（従って、前記燃焼領域還流NO_x量）が存在する一方で、燃焼後においては燃焼

により燃焼発生 NO_x 量が発生する。ここで、一般に、窒素分子 N_2 と NO_x （特に、一酸化炭素 NO ）とは可逆反応により互いに生成され合う物質であって、化学反応後のガス中の NO_x 量（ NO_x 濃度）は、同化学反応前の NO_x 量（ NO_x 濃度）にかかわらず、同化学反応後のガスの温度に応じて（ガス温度が高くなるほど大きくなるように）、化学平衡により逐次決定されていく値である。

【0017】

また、通常の機関の運転状態では、燃焼により高温となったガス中で発生する上記燃焼発生 NO_x 量の方が上記燃焼領域還流 NO_x 量よりも著しく大きくなる場合が多い。従って、原則的には、燃焼により発生した燃焼発生 NO_x 量が、そのまま（燃焼後に燃焼領域内に残存している NO_x 量としての）燃焼発生 NO_x 量に略一致し得ると考えることができる。

【0018】

しかしながら、例えば、EGRガス中の NO_x 濃度が非常に高く、且つ、アクセル開度が非常に小さくて燃料噴射量が非常に少ないような場合、上記燃焼領域還流 NO_x 量が大きくなる一方で、燃焼によるガス温度の上昇が小さいことに起因して上記燃焼発生 NO_x 量が小さくなる。この結果、燃焼領域還流 NO_x 量の方が燃焼発生 NO_x 量よりも大きくなることがある。このような場合、燃焼発生 NO_x 量よりも燃焼領域還流 NO_x 量の方が、（燃焼後に燃焼領域内に残存している NO_x 量としての）燃焼発生 NO_x 量をより正確に表す値になり得ると考えられる。

【0019】

換言すれば、上記燃焼領域還流 NO_x 量と、（燃焼後に発生する）前記燃焼発生 NO_x 量のうち大きい方を（燃焼後に燃焼領域内に残存している NO_x 量としての）燃焼発生 NO_x 量として推定することが好ましい。従って、上記のように構成すれば、簡易な構成（燃焼モデル）で、且つ精度良く、（燃焼後に燃焼領域内に残存している NO_x 量としての）燃焼発生 NO_x 量を推定することができ、この結果、簡易な計算で NO_x 排出量を正確に推定することができる。

【0020】

上記本発明による何れかの NO_x 排出量推定方法においては、前記 NO_x 排出量を推定するにあたり、前記燃焼発生 NO_x 量と前記非燃焼領域内における NO_x 量とに基づいて排ガス中の NO_x 濃度を推定するとともに、同 NO_x 濃度に前記排気通路から外部へ排出される排ガス量を乗じた値を同 NO_x 排出量として推定することが好適である。

【0021】

機関の排気弁から排気通路に排出される際の排ガス中の NO_x 濃度は、燃焼室内の総ガス量に対する、「上記燃焼発生 NO_x 量と上記非燃焼領域内における NO_x 量の和」の割合として容易に計算することができる。また、排気通路を流れる排ガス中の NO_x 濃度は同排気通路全域に渡って一定であると仮定すると、機関の排気弁から排気通路に排出される際の排ガス中の NO_x 濃度は、同排気通路から外部に排出される際の排ガス中の NO_x 濃度と等しくなる。

【0022】

従って、上記のように、燃焼発生 NO_x 量と非燃焼領域内における NO_x 量とに基づいて計算され得る（機関の排気弁から排気通路に排出される際の）排ガス中の NO_x 濃度に排気通路から外部へ排出される排ガス量を乗じることで、同排気通路から外部へ排出される NO_x 量である NO_x 排出量を簡易、且つ精度良く推定することができる。

【0023】

この場合、前記吸気通路に吸入される新気量（以下、「吸入新気量」と云うこともある。）を前記排気通路から外部へ排出される排ガス量として推定することが好適である。一般に、内燃機関の吸気通路には同吸気通路に吸入される新気量を計測するためのエアフローメータ等の吸入新気量計測装置が備えられている。また、通常の機関の運転状態（特に、定常運転状態）においては、排気通路から外部へ排出される排ガス量は吸入新気量と略等しくなる。

【0024】

従って、これによれば、排気通路から外部へ排出される排ガス量を計測するための新たな装置を設けることなく、簡易な構成で、且つ正確に、排気通路から外部へ排出される排ガス量を推定することができ、この結果、 NO_x 排出量を簡易な構成で、且つ正確に推定することができる。

【0025】

また、上記本発明による何れかの NO_x 排出量推定方法においては、前記燃焼領域を推定するにあたり、前記燃焼室内に吸入された酸素量と、燃焼により消費される酸素量とを推定するとともに、前記燃焼室内に吸入された酸素量に対する前記燃焼により消費される酸素量の割合を利用して前記燃焼領域を推定することが好適である。

【0026】

ここにおいて、燃焼室内に吸入された酸素量は、例えば、吸気弁から燃焼室に吸入されてくるガス（以下、「吸気」と云うこともある。）中の酸素濃度（吸気酸素濃度）を計測する吸気酸素濃度センサにより計測される同吸気酸素濃度に、吸入された燃焼室内の総ガス量（以下、「筒内総ガス量」と云うこともある。）を乗じた値として求めることができる。また、燃焼により消費される酸素量は、例えば、噴射された燃料の総てが理論空燃比をもって完全燃焼すると仮定することで求めることができる。

【0027】

燃焼室内に吸入された吸気中の酸素分子、 NO_x を含む各ガスの成分は同燃焼室内全域に渡ってそれぞれ均一に分布すると仮定すると、「燃焼室内に吸入された酸素量」に対する「燃焼により消費される酸素量」の割合（以下、「酸素量割合」と称呼する。）は、燃焼室の体積に対する燃焼領域の体積の割合、従って、燃焼室内に吸入された（EGR装置を介して還流してきた）全 NO_x 量に対する、燃焼前に燃焼領域に存在する NO_x 量の割合を精度良く表す値となり得る。

【0028】

従って、上記酸素量割合を利用して前記燃焼領域を推定するように構成すれば、前記燃焼室内に還流してきた NO_x 量のうち燃焼前に燃焼領域内に存在する燃焼領域還流 NO_x 量、及び、燃焼前に非燃焼領域内に存在する非燃焼領域還流 NO_x 量をより一層精度良く求めることができる。

【0029】

また、上記本発明による何れかの NO_x 排出量推定方法において、前記内燃機関が一作動サイクル中において少なくとも1回燃料をパイロット噴射した後に同燃料をメイン噴射するように構成されている場合、（メイン噴射による燃料の燃焼終了後において発生している）前記燃焼発生 NO_x 量を推定するにあたり、前記パイロット噴射により発生する不活性ガスの影響を更に考慮して同燃焼発生 NO_x 量を推定することが好適である。

【0030】

1回、或いは複数回のパイロット噴射を行った後にメイン噴射を行う場合、メイン噴射による燃料が燃焼領域において燃焼を開始する時点において、パイロット噴射による燃料の燃焼により発生した不活性ガスが同燃焼領域内に残存していて、この結果、同燃焼領域内の酸素濃度が低下する。また、上記燃焼領域内に残存している不活性ガスの熱容量によりメイン噴射による燃料の最高燃焼温度が低下する。

【0031】

以上のことから、燃焼領域内において燃焼により発生する燃焼発生 NO_x 量は、内燃機関が一作動サイクル中において、1回で必要な量の燃料を噴射するように構成されている場合よりも、パイロット噴射とメイン噴射とに分けて同量の燃料を噴射する場合の方が小さくなる。

【0032】

従って、上記のように、少なくとも1回のパイロット噴射を行った後にメイン噴射を行う場合、パイロット噴射により発生する不活性ガスの影響を更に考慮して燃焼発生 NO_x 量を推定するように構成すれば、同不活性ガスの影響による燃焼発生 NO_x 量の低下を考

慮することで同燃焼発生 NO_x 量をより一層精度良く推定することができる。ここで、不活性ガスの影響による燃焼発生 NO_x 量の低下量は、例えば、パイロット噴射による燃料噴射量、或いは、同パイロット噴射の時期等の関数として計算することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

以下、本発明の実施形態に係る内燃機関の NO_x 排出量推定方法を実施する内燃機関（ディーゼル機関）の制御装置について図面を参照しつつ説明する。

【0034】

図1は、係る内燃機関の制御装置を4気筒内燃機関（ディーゼル機関）10に適用したシステム全体の概略構成を示している。このシステムは、燃料供給システムを含むエンジン本体20、エンジン本体20の各気筒の燃焼室（筒内）にガスを導入するための吸気系統30、エンジン本体20からの排ガスを放出するための排気系統40、排気還流を行うためのEGR装置50、及び電気制御装置60を含んでいる。

【0035】

エンジン本体20の各気筒の上部には燃料噴射弁（噴射弁、インジェクタ）21が配設されている。各燃料噴射弁21は、図示しない燃料タンクと接続された燃料噴射用ポンプ22に燃料配管23を介して接続されている。燃料噴射用ポンプ22は、電気制御装置60と電気的に接続されていて、同電気制御装置60からの駆動信号（後述する基本燃料噴射圧力 P_{cbase} に応じた指令信号）により燃料の実際の噴射圧力（吐出圧力）が同基本燃料噴射圧力 P_{cbase} になるように同燃料を昇圧するようになっている。

【0036】

これにより、燃料噴射弁21には、燃料噴射用ポンプ22から前記基本燃料噴射圧力 P_{cbase} まで昇圧された燃料が供給されるようになっている。また、燃料噴射弁21は、電気制御装置60と電気的に接続されていて、同電気制御装置60からの駆動信号（後述する燃料噴射量 q_{fin} に応じた指令信号）により所定時間だけ開弁し、これにより各気筒の燃焼室内に前記基本燃料噴射圧力 P_{cbase} にまで昇圧された燃料を前記燃料噴射量 q_{fin} だけ直接噴射するようになっている。

【0037】

吸気系統30は、エンジン本体20の各気筒の燃焼室にそれぞれ接続された吸気マニホールド31、吸気マニホールド31の上流側集合部に接続され同吸気マニホールド31とともに吸気通路を構成する吸気管32、吸気管32内に回動可能に保持されたスロットル弁33、電気制御装置60からの駆動信号に应答してスロットル弁33を回転駆動するスロットル弁アクチュエータ33a、スロットル弁33の上流において吸気管32に順に介装されたインタクーラー34と過給機35のコンプレッサ35a、及び吸気管32の先端部に配設されたエアクリーナ36とを含んでいる。

【0038】

排気系統40は、エンジン本体20の各気筒にそれぞれ接続された排気マニホールド41、排気マニホールド41の下流側集合部に接続された排気管42、排気管42に配設された過給機35のタービン35b、及び排気管42に介装されたディーゼルパーティキュレートフィルタ（以下、「DPNR」と称呼する。）43を含んでいる。排気マニホールド41及び排気管42は排気通路を構成している。

【0039】

DPNR 43は、コージライト等の多孔質材料から形成されたフィルタ43aを備え、通過する排気ガス中のパーティキュレートを細孔表面にて捕集するフィルタである。DPNR 43は、担体としてのアルミナに、カリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類金属、及びランタンLa、イットリウムYのような希土類金属から選ばれた少なくとも一つを白金とともに担持し、 NO_x を吸収した後に同吸収した NO_x を放出して還元する吸蔵還元型 NO_x 触媒としても機能するようになっている。

【0040】

EGR装置50は、排気ガスを還流させる通路（EGR通路）を構成する排気還流管51と、排気還流管51に介装されたEGR制御弁52と、EGRクーラー53とを備えている。排気還流管51はタービン35bの上流側排気通路（排気マニホールド41）とスロットル弁33の下流側吸気通路（吸気マニホールド31）を連通している。EGR制御弁52は電気制御装置60からの駆動信号に応答し、再循環される排気ガス量（排気還流量、EGRガス流量）を変更し得るようになっている。

【0041】

電気制御装置60は、互いにバスで接続されたCPU61、CPU61が実行するプログラム、テーブル（ルックアップテーブル、マップ）、及び定数等を予め記憶したROM62、CPU61が必要に応じてデータを一時的に格納するRAM63、電源が投入された状態でデータを格納するとともに同格納したデータを電源が遮断されている間も保持するバックアップRAM64、並びにADコンバータを含むインターフェース65等からなるマイクロコンピュータである。

【0042】

インターフェース65は、空気流量（新気流量）計測手段であって吸気管32に配置された熱線式エアフローメータ71、スロットル弁33の下流であって排気還流管51が接続された部位よりも下流の吸気通路に設けられた吸気温度センサ72、スロットル弁33の下流であって排気還流管51が接続された部位よりも下流の吸気通路に配設された吸気管圧力センサ73、クランクポジションセンサ74、アクセル開度センサ75、及び、スロットル弁33の下流であって排気還流管51が接続された部位よりも下流の吸気通路に設けられた吸気酸素濃度センサ76と接続されていて、これらのセンサからの信号をCPU61に供給するようになっている。また、インターフェース65は、燃料噴射弁21、燃料噴射用ポンプ22、スロットル弁アクチュエータ33a、及びEGR制御弁52と接続されていて、CPU61の指示に応じてこれらに駆動信号を送出するようになっている。

【0043】

熱線式エアフローメータ71は、吸気通路内を通過する吸入空気（新気）の質量流量（単位時間あたりの吸入新気量）を計測し、同質量流量 G_a （吸入新気流量 G_a ）を表す信号を発生するようになっている。吸気温度センサ72は、前述した吸気の温度を検出し、同吸気温度 T_b を表す信号を発生するようになっている。吸気管圧力センサ73は、吸気の圧力（即ち、吸気管圧力）を検出し、同吸気管圧力 P_b を表す信号を発生するようになっている。

【0044】

クランクポジションセンサ74は、各気筒の絶対クランク角度を検出し、クランク角度 CA を表すとともにエンジン10の回転速度であるエンジン回転速度 NE をも表す信号を発生するようになっている。アクセル開度センサ75は、アクセルペダル AP の操作量を検出し、アクセル操作量 $Accp$ を表す信号を発生するようになっている。吸気酸素濃度センサ76は、吸気中の酸素濃度（即ち、吸気酸素濃度）を検出し、同吸気酸素濃度 R_{O2_in} を表す信号を発生するようになっている。

【0045】

（ NO_x 排出量推定方法の概要）

次に、上記のように構成された内燃機関の制御装置（以下、「本装置」と云うこともある。）による本発明の実施形態に係る NO_x 排出量推定方法の概要について説明する。図2は、機関10の或る一つの気筒のシリンダ内（筒内）に吸気マニホールド31からガス（即ち、吸気）が吸入され、筒内に吸入されたガス（筒内ガス）が排気マニホールド41へ排出される様子を模式的に示した図である。

【0046】

図2に示したように、吸気（従って、筒内ガス）には、吸気管32の先端部からスロットル弁33を介して吸入された新気と、排気還流管51からEGR制御弁52を介して吸入された NO_x を含むEGRガスが含まれる。吸入される新気量（新気質量）と吸入されるEGRガス量（EGRガス質量）の和に対するEGRガス質量の割合（即ち、EGR率）は、運転状態に応じて電気制御装置60（CPU61）により適宜制御されるスロット

ル弁33の開度、及びEGR制御弁52の開度に応じて変化する。

【0047】

吸気（即ち、新気、及びNO_xを含むEGRガスから構成されるガス）は、吸気行程において開弁している吸気弁Vinを介してピストンの下降に伴って筒内に吸入されて筒内ガスとなる。筒内ガスは、ピストンが下死点に達した時点（以下、「ATDC-180°」と称呼する。）で吸気弁Vinが開弁することにより筒内に密閉され、その後の圧縮行程においてピストンの上昇に伴って圧縮される。そして、ピストンが上死点近傍に達すると（具体的には、後述する最終燃料噴射時期finjfinが到来すると）、本装置は、前記燃料噴射量qfinに応じた所定時間だけ燃料噴射弁21を開弁することで燃料を筒内に直接噴射する。この結果、噴射された燃料は、時間の経過に伴って同筒内ガスと混ざり合いながら混合気となって筒内において拡散していき、所定のタイミングにて自己着火が発生することに起因して燃焼する。

【0048】

係る燃焼は、本実施例では、後述するように推定される燃焼領域（以下、「B領域」と云うこともある。図2を参照。）においてのみ発生し、燃焼室内におけるB領域を除いた領域である非燃焼領域（以下、「A領域」と云うこともある。図2を参照。）では発生しないと仮定する。そして、燃焼後に燃焼室内に存在する筒内ガスは、排ガスとなって、排気行程において開弁している排気弁Voutを介してピストンの上昇に伴って排気マニホールド41へ排出され、係る排ガスは、排気管42を介して外部へと排出されていく。

【0049】

以下、このようなEGR装置50を備えた内燃機関10に適用される、本装置が実施する具体的なNO_x排出量推定方法について説明していく。このNO_x排出量推定方法では、燃料が噴射される対象となる気筒（以下、「燃料噴射気筒」と称呼する。）について上記最終燃料噴射時期finjfinが到来する毎に、その直後の排気行程において同燃料噴射気筒の排気弁Voutから排気通路を介して外部へ排出されることになる排ガス中のNO_xの質量（即ち、NO_x排出量。実NO_x排出量NO_{xact}。）が推定されていく。

【0050】

この方法では、実NO_x排出量NO_{xact}を推定するにあたり、燃焼室内に吸入されたNO_xの全質量に対する上記燃焼前に上記B領域に存在するNO_xの質量の割合（以下、「NO_x量割合RatioNO_x」と称呼する。）、上記燃焼後に上記A領域内に残存するNO_x質量、及び、上記燃焼後に上記B領域内に残存するNO_x質量をそれぞれ推定する必要がある。従って、先ず、これらの求め方について図2を参照しながら説明する。

【0051】

<NO_x量割合RatioNO_xの求め方>

燃焼室内に吸入された吸気（筒内ガス）中の酸素分子、NO_xを含む各ガスの成分は同燃焼室内全域に渡ってそれぞれ均一に分布するものと仮定する。また、この状態においてB領域内に存在する酸素は総て燃焼により消費されると仮定する。そうすると、「燃焼室内に吸入された酸素の全質量」に対する「燃焼により消費される酸素の質量」の割合（即ち、前記酸素量割合）は、燃焼室の体積に対するB領域の体積の割合を表すとともに、燃焼室内に吸入されたNO_xの全質量に対する、燃焼前にB領域に存在するNO_xの質量の割合（従って、上記NO_x量割合RatioNO_x）をも表すことになる。換言すれば、上記酸素量割合を利用してB領域が推定され得る。

【0052】

従って、NO_x量割合RatioNO_xを求めるためには上記酸素量割合を求めればよく、このためには、「燃焼室内に吸入された酸素の全質量」と「燃焼により消費される酸素の質量」とを求める必要がある。

【0053】

ここで、「燃焼室内に吸入された酸素の全質量」は、吸入された燃焼室内の総ガス質量（以下、「筒内総ガス量Gcyl」と称呼する。）に、燃焼前の筒内ガスの酸素濃度を乗じることで求めることができる。筒内総ガス量Gcylは、ATDC-180°における気体の状態方程式

に基づく下記(1)式に従って求めることができる。

【0054】

$$G_{cyl} = (P_{a0} \cdot V_{a0}) / (R \cdot T_{a0}) \quad \dots (1)$$

【0055】

上記(1)式において、 P_{a0} は、ATDC-180°における下死点時筒内ガス圧力である。ATDC-180°において筒内ガス圧力は吸気管圧力 P_b と略等しいと考えられるから、下死点時筒内ガス圧力 P_{a0} は、ATDC-180°において吸気管圧力センサ73により検出される吸気管圧力 P_b として取得することができる。 V_{a0} は、ATDC-180°における下死点時燃焼室内容積である。燃焼室内容積 V_a は機関10の設計諸元に基づいてクランク角度CAの関数として表すことができるから、この関数に基づいて下死点時燃焼室内容積 V_{a0} も求めることができる。 T_{a0} は、ATDC-180°における下死点時筒内ガス温度である。ATDC-180°において筒内ガス温度は吸気温度 T_b と略等しいと考えられるから、下死点時筒内ガス温度 T_{a0} は、ATDC-180°において吸気温度センサ72により検出される吸気温度 T_b として取得することができる。 R は筒内ガスのガス定数である。

【0056】

また、燃焼前の筒内ガスの酸素濃度はATDC-180°における吸気酸素濃度 R_{O2_in} と略等しいと考えられるから、燃焼前の筒内ガスの酸素濃度は、ATDC-180°において吸気酸素濃度センサ76により検出される下死点時吸気酸素濃度 R_{O20_in} として取得することができる。以上より、「燃焼室内に吸入された酸素の全質量」は「 $G_{cyl} \cdot R_{O20_in}$ 」と表すことができる。

【0057】

一方、「燃焼により消費される酸素の質量」は、噴射された燃料の総て（即ち、前記燃料噴射量 q_{fin} の燃料）が理論空燃比 $stoich$ をもって完全燃焼するとの仮定のもと、「 $K \cdot Q_{fuel}$ 」と表すことができる。ここで、 K は所定の係数であって、例えば、大気中に含まれる酸素の質量割合0.23に理論空燃比 $stoich$ （例えば、14.6）を乗じた値「 $0.23 \cdot stoich$ 」である。 Q_{fuel} は前記燃料噴射量 q_{fin} と等しい値である。以上のことから、 NO_x 量割合 $Ratio_{NOx}$ は、下記(2)式に従って求めることができる。

【0058】

$$Ratio_{NOx} = (K \cdot Q_{fuel}) / (G_{cyl} \cdot R_{O20_in}) \quad \dots (2)$$

【0059】

<燃焼後にA領域内に残存する NO_x 質量の求め方>

上述のごとく、本実施例では燃焼室内における燃焼はB領域内でのみ発生し、A領域では燃焼が発生しないと仮定するから、EGR装置50を介して燃焼室内に還流してきた NO_x 量のうち燃焼前にA領域内に存在する NO_x の質量（以下、「A領域還流 NO_x 量 NO_{xA} 」と称呼する。）は、燃焼後においてもそのままA領域内に保存（保持）されることができる。換言すれば、A領域還流 NO_x 量 NO_{xA} は、そのまま「燃焼後にA領域内に残存する NO_x 質量」となる。

【0060】

ここで、燃焼室内に吸入された NO_x の全質量に対する上記燃焼前に上記A領域に存在する NO_x の質量の割合は、上記 NO_x 量割合 $Ratio_{NOx}$ を用いて「 $1 - Ratio_{NOx}$ 」と表すことができるから、A領域還流 NO_x 量 NO_{xA} は、上記筒内総ガス量 G_{cyl} に、燃焼前の筒内ガスの NO_x 濃度と $(1 - Ratio_{NOx})$ とを乗じることによって求めることができる。燃焼前の筒内ガスの NO_x 濃度は吸気中の NO_x 濃度（吸気 NO_x 濃度 R_{NOx_in} ）と略等しいと考えられるから、A領域還流 NO_x 量 NO_{xA} は、下記(3)式にて表すことができる。

【0061】

$$NO_{xA} = R_{NOx_in} \cdot (1 - Ratio_{NOx}) \cdot G_{cyl} \quad \dots (3)$$

【0062】

上記(3)式において、吸気 NO_x 濃度 R_{NOx_in} は、上記筒内総ガス量 G_{cyl} に対する、EGR装置50から還流されてきたEGRガス中の NO_x 質量の質量割合である。EGRガス中の NO_x 濃度は前回（の燃料噴射時期に）演算された後述する排気 NO_x 濃度 R_{NOx_ex}

と等しいと仮定すると、吸気 NO_x 濃度 RNO_{x_in} は下記(4)式に従って求めることができる。

【0063】

$$\text{RNO}_{x_in} = (\text{RNO}_{x_ex} \cdot \text{Gegr}) / \text{Gcyl} \quad \dots (4)$$

【0064】

上記(4)式において、 Gegr は今回の吸気行程で吸気の一部としてEGR装置50から燃焼室内に吸入されてきたEGRガスの質量であって、下記(5)式に従って取得され得る。

【0065】

$$\text{Gegr} = \text{Gcyl} - \text{Gm} \quad \dots (5)$$

【0066】

上記(5)式において、 Gm は今回の吸気行程で吸気管32の先端部から吸気の一部として燃焼室内に吸入された新気の質量（吸入新気量）であって、エアフローメータ71により計測される単位時間あたりの吸入新気量（吸入新気流量 Ga ）と、クランクポジションセンサ74の出力に基づくエンジン回転速度 NE と、吸入新気流量 Ga 及びエンジン回転速度 NE を引数とする一吸気行程あたりの吸入新気量を求めるための関数 $f(\text{Ga}, \text{NE})$ とに基づいて計算される。吸入新気流量 Ga 及びエンジン回転速度 NE としては、ATDC-180°において各センサにより取得される下死点時吸入新気流量 Ga_0 、及び下死点時エンジン回転速度 NE_0 がそれぞれ使用される。以上のように、A領域還流 NO_x 量 NO_{xA} 、従って、「燃焼後にA領域内に残存する NO_x 質量」は上記(3)式に従って求めることができる。

【0067】

<燃焼後にB領域内に残存する NO_x 質量の求め方>

EGR装置50を介して燃焼室内に還流してきた NO_x 量のうち燃焼前にB領域内に存在する NO_x の質量（以下、「B領域還流 NO_x 量 NO_{xB2} 」と称呼する。）は、上記(3)式にて表されるA領域還流 NO_x 量 NO_{xA} と同様にして、下記(6)式にて表すことができる。

【0068】

$$\text{NO}_{xB2} = \text{RNO}_{x_in} \cdot \text{RatioNO}_x \cdot \text{Gcyl} \quad \dots (6)$$

【0069】

一方、燃焼後においてはB領域において燃焼により燃焼発生 NO_x 量（以下、「B領域燃焼発生 NO_x 量 NO_{xB1} 」と称呼する。）が発生する。B領域燃焼発生 NO_x 量 NO_{xB1} は、例えば、単位燃料量あたりの燃焼発生 NO_x 量（以下、「燃焼発生 NO_x 率 RNO_{x_burn} 」と称呼する。）に上記燃料噴射量 Qfuel を乗じた値として、下記(7)式に従って求めることができる。燃焼発生 NO_x 率 RNO_{x_burn} は、例えば、上記燃料噴射量 Qfuel と、エンジン回転速度 NE と、燃料噴射量 Qfuel 及びエンジン回転速度 NE を引数とする燃焼発生 NO_x 率を求めるための関数 $g(\text{Qfuel}, \text{NE})$ とに基づいて計算される。

【0070】

$$\text{NO}_{xB1} = \text{RNO}_{x_burn} \cdot \text{Qfuel} \quad \dots (7)$$

【0071】

ここで、先に説明したように、燃焼後のガス中の NO_x 量（ NO_x 濃度）は、同燃焼前の NO_x 量（ NO_x 濃度）にかかわらず、同燃焼後のガスの温度に応じて（ガス温度が高くなるほど大きくなるように）、化学平衡により逐次決定されていく値である。

【0072】

従って、通常の機関の運転状態では、燃焼により高温となったガス中で発生する上記B領域燃焼発生 NO_x 量 NO_{xB1} の方が上記B領域還流 NO_x 量 NO_{xB2} よりも著しく大きくなる場合が多い。よって、原則的に、上記B領域燃焼発生 NO_x 量 NO_{xB1} がそのまま「燃焼後にB領域内に残存する NO_x 質量」に略一致し得ると考えることができる。

【0073】

しかしながら、例えば、EGRガス中の NO_x 濃度（従って、前回の燃料噴射時期に演算された後述する排気 NO_x 濃度 RNO_{x_ex} ）が非常に高く、且つ、アクセル操作量 Accp が非常に小さくて燃料噴射量 $\text{qfin}(=\text{Qfuel})$ が非常に少ないような場合、上記B領域還流 NO_x 量 NO_{xB2} が大きくなる一方で、燃焼によるガス温度の上昇が小さいことに起因して上

記B領域燃焼発生NO_x量NO_xB1が小さくなる。この結果、B領域還流NO_x量NO_xB2の方がB領域燃焼発生NO_x量NO_xB1よりも大きくなることもある。このような場合、B領域還流NO_x量NO_xB2の方がB領域燃焼発生NO_x量NO_xB1よりも「燃焼後にB領域内に残存するNO_x質量」をより正確に表す値になり得ると考えられる。

【0074】

以上のことから、「燃焼後にB領域内に残存するNO_x質量」は、上記(7)式に従って求められるB領域燃焼発生NO_x量NO_xB1と、上記(6)式に従って求められるB領域還流NO_x量NO_xB2のうち大きい方の値(B領域最終NO_x量NO_xB)として求めることができる。

【0075】

このようにして、「燃焼後にA領域内に残存するNO_x質量」であるA領域還流NO_x量NO_xA、及び、「燃焼後にB領域内に残存するNO_x質量」であるB領域最終NO_x量NO_xBが求められると、燃焼後に燃焼室内に残存するNO_xの全質量は「NO_xA+NO_xB」として求めることができる。また、燃焼後に燃焼室内に残存するガスの全質量は、「Gcyl+Qfuel」を表すことができる。

【0076】

従って、排気行程において燃焼室から排気弁Voutを介して排気通路(排気マニホールド41)に排出される排ガス中のNO_x濃度(排気NO_x濃度RNO_xex)は、「燃焼後に燃焼室内に残存するガスの全質量」に対する、「燃焼後に燃焼室内に残存するNO_xの全質量」の質量割合であって、下記(8)式に従って求めることができる。

【0077】

$$RNO_{x_ex} = (NO_{x}A + NO_{x}B) / (G_{cyl} + Q_{fuel}) \quad \dots (8)$$

【0078】

上記(8)式に従って求められる排気NO_x濃度RNO_xexの前回値は、排気通路(排気マニホールド41)を流れる排ガス中のNO_x濃度が排気還流管51内を流れるEGRガス中のNO_x濃度に等しいとの仮定のもと、前述のごとく、上記吸気NO_x濃度RNO_xin(の今回値)を求める際に上記(4)式にて使用される。

【0079】

また、排気通路(排気マニホールド41、及び排気管42)を流れる排ガス中のNO_x濃度は同排気通路全域に渡って一定であると仮定すると、上記排気NO_x濃度RNO_xexの値は、排気通路(具体的には、排気管42の端部)から外部に排出される際の排ガス中のNO_x濃度と等しくなる。

【0080】

更には、通常の機関10の運転状態(特に、定常運転状態)においては、排気通路(排気管42)から外部へ排出される一作動サイクル(一排気行程)あたりの排ガスの質量は上記吸入新気量Gmと略等しくなる。以上のことから、排気通路を介して外部へ排出される排ガス中の一作動サイクルあたりのNO_xの質量(上記実NO_x排出量NO_xact)は、下記(9)式に従って求めることができる。これにより、EGRガス量Gegrが増加すると吸入新気量Gmが減少することで実NO_x排出量NO_xactが低下することになる。従って、EGRガス量Gegrが増加すると実NO_x排出量NO_xactが低下するという現象が的確に表され得る。

【0081】

$$NO_{x}act = RNO_{x_ex} \cdot G_m \quad \dots (9)$$

【0082】

以上、(1)~(9)式を利用して、本装置は、燃料噴射気筒についての上記最終燃料噴射時期finjfinが到来する毎に、その直後の排気行程において同燃料噴射気筒の排気弁Voutから排出されることになるNO_xの質量、即ち実NO_x排出量NO_xactを推定する。以上が、NO_x排出量推定方法の概要である。

【0083】

(燃料噴射制御の概要)

上記NO_x排出量推定方法を実施する本装置は、一作動サイクルあたりの目標NO_x排

出量 NO_{xt} を、上記燃料噴射量 q_{fin} とエンジン回転速度 NE とに基づいて逐次計算する。そして、本装置は、前回推定された実 NO_x 排出量 NO_{xact} が目標 NO_x 排出量 NO_{xt} に一致するように、最終燃料噴射開始時期 fin_{jfin} 、及び EGR 制御弁52の開度をフィードバック制御する。

【0084】

具体的には、前回推定された上記実 NO_x 排出量 NO_{xact} の値が上記目標 NO_x 排出量 NO_{xt} よりも大きいとき、今回の燃料噴射気筒についての最終燃料噴射開始時期 fin_{jfin} を基本燃料噴射時期 fin_{jbase} よりも所定量だけ遅らせ、且つ、 EGR 制御弁52の開度を現時点での値から所定開度だけ大きくする。これにより、今回の燃料噴射気筒についての最高火炎温度が低くなるように制御され、この結果、今回の燃料噴射気筒から外部へ排出される実 NO_x 排出量 NO_{xact} が上記目標 NO_x 排出量 NO_{xt} に一致せしめられる。

【0085】

一方、前回推定された上記実 NO_x 排出量 NO_{xact} の値が上記目標 NO_x 排出量 NO_{xt} よりも小さいとき、今回の燃料噴射気筒についての最終燃料噴射開始時期 fin_{jfin} を基本燃料噴射時期 fin_{jbase} よりも所定量だけ早め、且つ、 EGR 制御弁52の開度を現時点での値から所定開度だけ小さくする。これにより、今回の燃料噴射気筒についての最高火炎温度が高くなるように制御され、この結果、今回の燃料噴射気筒から外部へ排出される実 NO_x 排出量 NO_{xact} が上記目標 NO_x 排出量 NO_{xt} に一致せしめられる。以上が、燃料噴射制御の概要である。

【0086】

(実際の作動)

次に、上記のように構成された内燃機関の制御装置の実際の作動について説明する。
<燃料噴射量等の制御>

$CPU61$ は、図3にフローチャートにより示した燃料噴射量等の制御を行うためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、 $CPU61$ はステップ300から処理を開始し、ステップ305に進んでアクセル開度 $Accp$ 、エンジン回転速度 NE 、及び図4に示したテーブル(マップ) Map_{qfin} から燃料噴射量 q_{fin} を求める。テーブル Map_{qfin} は、アクセル開度 $Accp$ 及びエンジン回転速度 NE と燃料噴射量 q_{fin} との関係を規定するテーブルであり、 $ROM62$ 内に格納されている。

【0087】

次いで、 $CPU61$ はステップ310に進み、燃料噴射量 q_{fin} 、エンジン回転速度 NE 、及び図5に示したテーブル $Map_{finjbase}$ から基本燃料噴射時期 fin_{jbase} を決定する。テーブル $Map_{finjbase}$ は、燃料噴射量 q_{fin} 及びエンジン回転速度 NE と基本燃料噴射時期 fin_{jbase} との関係を規定するテーブルであり、 $ROM62$ 内に格納されている。

【0088】

その後、 $CPU61$ はステップ315に進んで、燃料噴射量 q_{fin} 、エンジン回転速度 NE 、及び図6に示したテーブル $Map_{Pcrbase}$ から基本燃料噴射圧力 P_{crbase} を決定する。テーブル $Map_{Pcrbase}$ は、燃料噴射量 q_{fin} 及びエンジン回転速度 NE と基本燃料噴射圧力 P_{crbase} との関係を規定するテーブルであり、 $ROM62$ 内に格納されている。

【0089】

次に、 $CPU61$ はステップ320に進み、燃料噴射量 q_{fin} 、エンジン回転速度 NE 、及び図7に示したテーブル $Map_{NO_{xt}}$ から目標 NO_x 排出量 NO_{xt} を決定する。テーブル $Map_{NO_{xt}}$ は、燃料噴射量 q_{fin} 及びエンジン回転速度 NE と目標 NO_x 排出量 NO_{xt} との関係を規定するテーブルであり、 $ROM62$ 内に格納されている。

【0090】

次いで、 $CPU61$ はステップ325に進んで、前記決定した目標 NO_x 排出量 NO_{xt} から後述するルーチンにより求められている最新の(具体的には、前回の燃料噴射時期に演算された)実 NO_x 排出量 NO_{xact} を減じた値を NO_x 排出量偏差 ΔNO_x として格納する。

【0091】

続いて、CPU 61はステップ330に進んで、噴射時期補正值 $\Delta\theta$ を、前記NO_x排出量偏差 ΔNO_x と図8に示したテーブルMap $\Delta\theta$ とから決定する。テーブルMap $\Delta\theta$ は、NO_x排出量偏差 ΔNO_x と噴射時期補正值 $\Delta\theta$ との関係を規定するテーブルであり、ROM 62内に格納されている。

【0092】

次いで、CPU 61はステップ335に進み、基本噴射時期finjbaseを噴射時期補正值 $\Delta\theta$ で補正して最終燃料噴射時期finjfinを決定する。これにより、NO_x排出量偏差 ΔNO_x に応じて噴射時期が補正されることになる。この場合、図8から明らかなように、NO_x排出量偏差 ΔNO_x が正の大きい値になるほど噴射時期補正值 $\Delta\theta$ が正の大きな値となって最終燃料噴射時期finjfinが進角側となり、同NO_x排出量偏差 ΔNO_x が負の大きい値（絶対値が大きい値）になるほど噴射時期補正值 $\Delta\theta$ は負の大きな値となって最終燃料噴射時期finjfinが遅角側に移行される。

【0093】

続いて、CPU 61はステップ340に進み、燃料噴射気筒についての噴射開始時期（即ち、上記決定された最終燃料噴射時期finjfin）が到来したか否かを判定し、「No」と判定する場合はステップ395に直ちに進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0094】

一方、ステップ340の判定において「Yes」と判定する場合、CPU 61はステップ345に進んで上記決定された燃料噴射量qfinの燃料を燃料噴射気筒についての燃料噴射弁21から上記決定された基本燃料噴射圧力Pcrbaseをもって噴射するとともに、続くステップ350にて上記NO_x排出量偏差 ΔNO_x が正の値であるか否かを判定し、「Yes」と判定する場合、ステップ355に進んでEGR制御弁52の開度を現時点での値よりも所定開度だけ小さくした後、ステップ370に進む。

【0095】

ステップ350の判定において「No」と判定する場合、CPU 61はステップ360に進み、上記NO_x排出量偏差 ΔNO_x が負の値であるか否かを判定する。ステップ360の判定において、CPU 61は「Yes」と判定する場合、EGR制御弁52の開度を現時点での値よりも所定開度だけ大きくした後ステップ370に進む一方、「No」と判定する場合（即ち、NO_x排出量偏差 ΔNO_x の値が「0」のとき）、EGR制御弁52の開度を変更することなくステップ370に進む。

【0096】

このようにして、NO_x排出量偏差 ΔNO_x に応じてEGR制御弁52の開度を変更される。そして、ステップ370に進むと、CPU 61は実際に噴射した上記燃料噴射量qfinの値を値Qfuelとして格納した後、ステップ395に進んで本ルーチンを一旦終了する。以上により、燃料噴射量、燃料噴射時期、燃料噴射圧力、及びEGR制御弁52の開度の制御が達成される。

【0097】

<NO_x排出量の計算>

また、CPU 61は、図9にフローチャートにより示した実NO_x排出量NO_{xact}の計算を行うためのルーチンを所定時間の経過毎に繰り返し実行するようになっている。従って、所定のタイミングになると、CPU 61はステップ900から処理を開始し、ステップ905に進んで現時点がATDC-180°に一致しているか否かを判定する。

【0098】

いま、現時点がATDC-180°より前であるものとして説明を続けると、CPU 61はステップ905にて「No」と判定してステップ935に直に進み、燃料噴射気筒についての燃料噴射開始時期（即ち、上記最終燃料噴射時期finjfin）が到来したか否かを判定する。現時点はATDC-180°より前であるから、CPU 61はステップ935にて「No」と判定し、ステップ995に直に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0099】

以降、CPU 61はATDC-180°が到来するまでの間、ステップ900、905、935

、995の処理を繰り返し実行する。そして、ATDC-180° が到来すると、CPU61はステップ905に進んだとき「Yes」と判定してステップ910に進むようになり、ステップ910にて、吸気温度センサ72、吸気管圧力センサ73、エアフローメータ71、及びクランクポジションセンサ74によりそれぞれ検出される現時点（即ち、ATDC-180°）での吸気温度 T_b 、吸気管圧力 P_b 、吸入新気流量 G_a 、及びエンジン回転速度 NE を、それぞれ、下死点時筒内ガス温度 Ta_0 、下死点時筒内ガス圧力 Pa_0 、下死点時吸入新気流量 Ga_0 、及び下死点時エンジン回転速度 NE_0 として格納する。

【0100】

次いで、CPU61はステップ915に進み、吸気酸素濃度センサ76により検出される現時点（即ち、ATDC-180°）での吸気酸素濃度 $RO2_in$ を下死点時吸気酸素濃度 $RO20_in$ として格納し、続くステップ920にて、上記(1)式に従って筒内総ガス量 G_{cyl} を求める。ここで、下死点時筒内ガス圧力 Pa_0 、及び下死点時筒内ガス温度 Ta_0 としては、ステップ910にて格納されている値が用いられる。

【0101】

続いて、CPU61はステップ925に進んで、上記下死点時吸入新気流量 Ga_0 と、上記下死点時エンジン回転速度 NE_0 と、上記関数 f とに基づいて吸入新気量 G_m を求め、続くステップ930にて、ステップ920にて求めた筒内総ガス量 G_{cyl} と、前記吸入新気量 G_m と、上記(5)式とに基づいてEGRガス量 G_{egr} を求める。そして、CPU61はステップ935に進んで「No」と判定してステップ995に直ちに進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0102】

以降、CPU61は燃料噴射時期（即ち、上記最終燃料噴射時期 $finjfin$ ）が到来するまでの間、ステップ900、905、935、995の処理を再び繰り返し実行する。そして、上記最終燃料噴射時期 $finjfin$ が到来すると、CPU61はステップ935にて「Yes」と判定してステップ940に進むようになり、ステップ940にて上記(4)式に従って吸気 NO_x 濃度 $RNOx_in$ を求める。ここで、EGRガス量 G_{egr} 、及び筒内総ガス量 G_{cyl} として、ステップ930、及びステップ920にて求められた値がそれぞれ使用される。排気 NO_x 濃度 $RNOx_ex$ としては、前回の燃料噴射開始時期において後述するステップ975にて求められている値が使用される。

【0103】

続いて、CPU61はステップ945に進んで、上記(2)式、及び上記(3)式に相当するステップ945内に記載の式に基づいてA領域還流 NO_x 量 $NOxA$ を求める。ここで、値 Q_{fuel} としては、図3のステップ370にて格納されている最新の値が使用される。次に、CPU61はステップ950に進み、前記値 Q_{fuel} と、現時点でのエンジン回転速度 NE と、上記関数 g とに基づいて燃焼発生 NO_x 率 $RNOx_burn$ を求め、続くステップ955にて上記(7)式に従ってB領域燃焼発生 NO_x 量 $NOxB1$ を求める。

【0104】

次いで、CPU61はステップ960に進んで、上記(2)式、及び上記(6)式に相当するステップ960内に記載の式に基づいてB領域還流 NO_x 量 $NOxB2$ を求め、続くステップ965にて上記B領域燃焼発生 NO_x 量 $NOxB1$ と、上記B領域還流 NO_x 量 $NOxB2$ の大きい方の値をB領域最終 NO_x 量 $NOxB$ として格納する。

【0105】

次に、CPU61はステップ970に進み、上記(8)式に従って排気 NO_x 濃度 $RNOx_ex$ を求めるとともに、続くステップ975にて上記(9)式に従って実 NO_x 排出量 $NOxact$ を求め、ステップ995に進んで本ルーチンを一旦終了する。以降、CPU61は次の燃料噴射気筒についてのATDC-180° が到来するまでの間、ステップ900、905、935、995の処理を繰り返し実行する。

【0106】

以上のようにして、新たな実 NO_x 排出量 $NOxact$ が燃料噴射開始時期が到来する毎に求められていく。そして、この新たな実 NO_x 排出量 $NOxact$ は、前述のごとく、図3のステ

ップ325にて使用され、この結果、次の燃料噴射気筒についての最終燃料噴射開始時期 $finjfin$ 、及び EGR 制御弁 52 の開度が同新たな実 NO_x 排出量 NO_{xact} に基づいてフィードバック制御されていく。

【0107】

以上、説明したように、本発明の実施形態に係る内燃機関の NO_x 排出量推定方法によれば、燃焼室内に吸入された吸気中の各ガス成分（酸素分子、 NO_x 等）は同燃焼室内全域に渡ってそれぞれ均一に分布するとの仮定のもと、「燃焼室内に吸入された酸素の全質量」に対する「燃焼により消費される酸素の質量」の割合を利用して、同燃焼室が、燃焼領域（B 領域）と非燃焼領域（A 領域）とに区別される。そして、燃焼後において、B 領域には燃焼により発生した燃焼発生 NO_x 量（実際には、上記 B 領域最終 NO_x 量 NO_{xB} ）が残存するとともに、A 領域では燃焼前に存在していた A 領域還流 NO_x 量 NO_{xA} がそのまま燃焼後も保存される（残存する）との仮定のもと、B 領域にて発生する燃料発生 NO_x 量のみならず A 領域還流 NO_x 量 NO_{xA} をも考慮して、排気通路から外部へ排出される排ガス中の実 NO_x 排出量 NO_{xact} が計算される。従って、実 NO_x 排出量 NO_{xact} が精度良く推定された。

【0108】

本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記実施形態においては、機関 10 の運転状態にかかわらず燃料噴射開始時期が到来する毎に NO_x 排出量（実 NO_x 排出量 NO_{xact} ）を計算しているが、機関 10 が所定の定常運転状態にある場合に限り NO_x 排出量を計算するように構成してもよい。

【0109】

また、上記実施形態においては、「燃焼後に B 領域内に残存する NO_x 質量」として、上記(7)式に従って求められる B 領域燃焼発生 NO_x 量 NO_{xB1} と、上記(6)式に従って求められる B 領域還流 NO_x 量 NO_{xB2} のうち大きい方の値（B 領域最終 NO_x 量 NO_{xB} ）を採用しているが、「燃焼後に B 領域内に残存する NO_x 質量」として、常に上記 B 領域燃焼発生 NO_x 量 NO_{xB1} を採用してもよい。

【0110】

また、上記実施形態においては、機関 10 が、一作動サイクル中において 1 回で必要な量（燃料噴射量 q_{fin} ）の燃料を噴射するように構成されているが、一作動サイクル中においてパイロット噴射とメイン噴射とに分けて同量の燃料を噴射するように構成されている場合、パイロット噴射により発生する不活性ガスの影響を考慮して、例えば、パイロット噴射による燃料噴射量、或いは、同パイロット噴射の時期等に基づいて上記燃焼発生 NO_x 率 RNO_{x_burn} の値を所定量だけ小さくなる方向に補正するように構成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0111】

【図 1】 本発明の実施形態に係る内燃機関の NO_x 排出量推定方法を実施する内燃機関の制御装置を 4 気筒内燃機関（ディーゼル機関）に適用したシステム全体の概略構成図である。

【図 2】 或る一つの気筒のシリンダ内（筒内）に吸気マニホールドからガスが吸入され、筒内に吸入された筒内ガスが排気マニホールドへ排出される様子を模式的に示した図である。

【図 3】 図 1 に示した CPU が実行する燃料噴射量等を制御するためのルーチンを示したフローチャートである。

【図 4】 図 1 に示した CPU が図 3 に示したルーチンを実行する際に参照する燃料噴射量を決定するためのテーブルである。

【図 5】 図 1 に示した CPU が図 3 に示したルーチンを実行する際に参照する基本燃料噴射時期を決定するためのテーブルである。

【図 6】 図 1 に示した CPU が図 3 に示したルーチンを実行する際に参照する基本燃料噴射圧力を決定するためのテーブルである。

【図 7】図 1 に示した CPU が図 3 に示したルーチンを実行する際に参照する目標 NO_x 排出量を決定するためのテーブルである。

【図 8】図 1 に示した CPU が図 3 に示したルーチンを実行する際に参照する噴射時期補正值を決定するためのテーブルである。

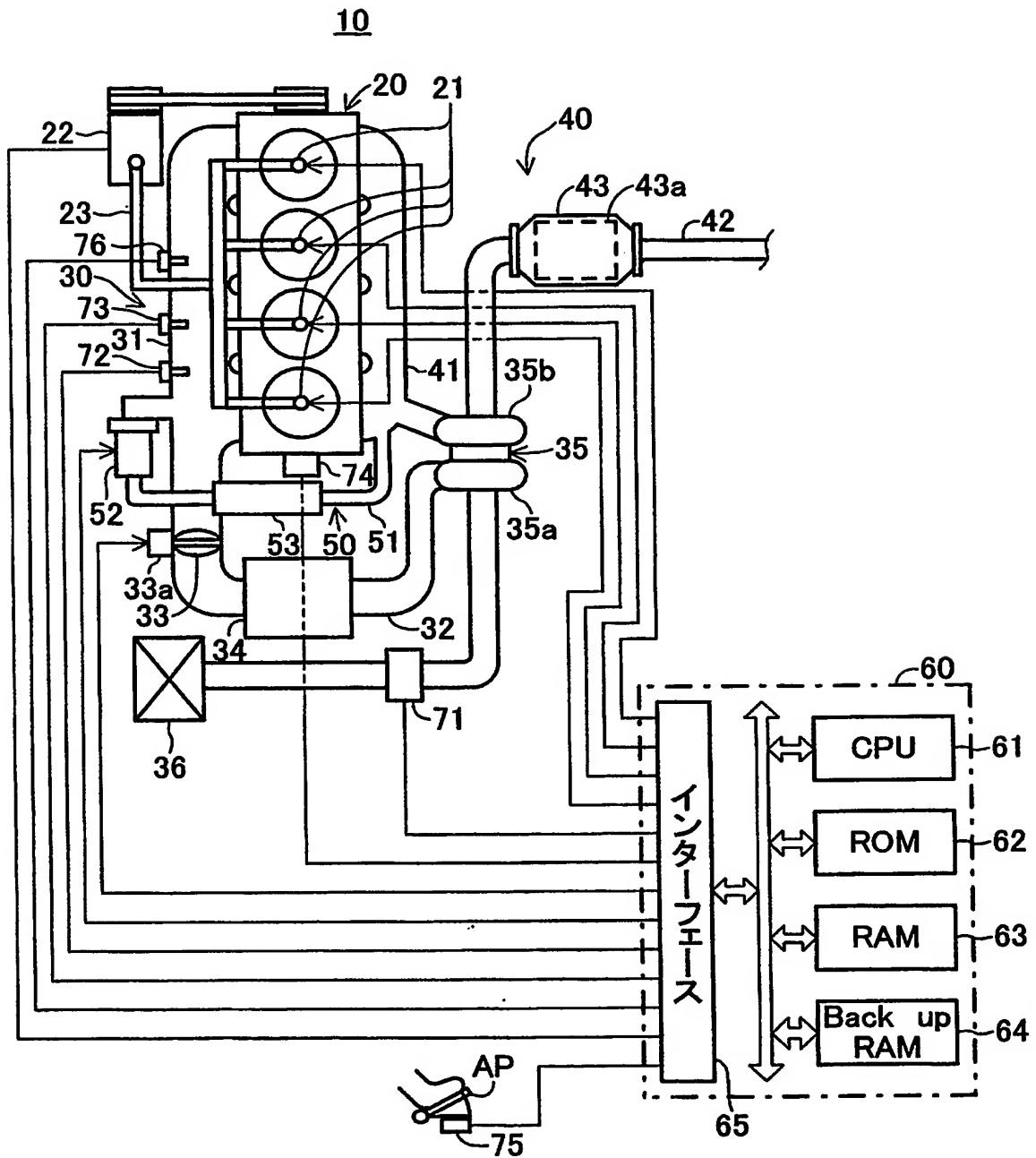
【図 9】図 1 に示した CPU が実行する NO_x 排出量の計算を実行するためのルーチンを示したフローチャートである。

【符号の説明】

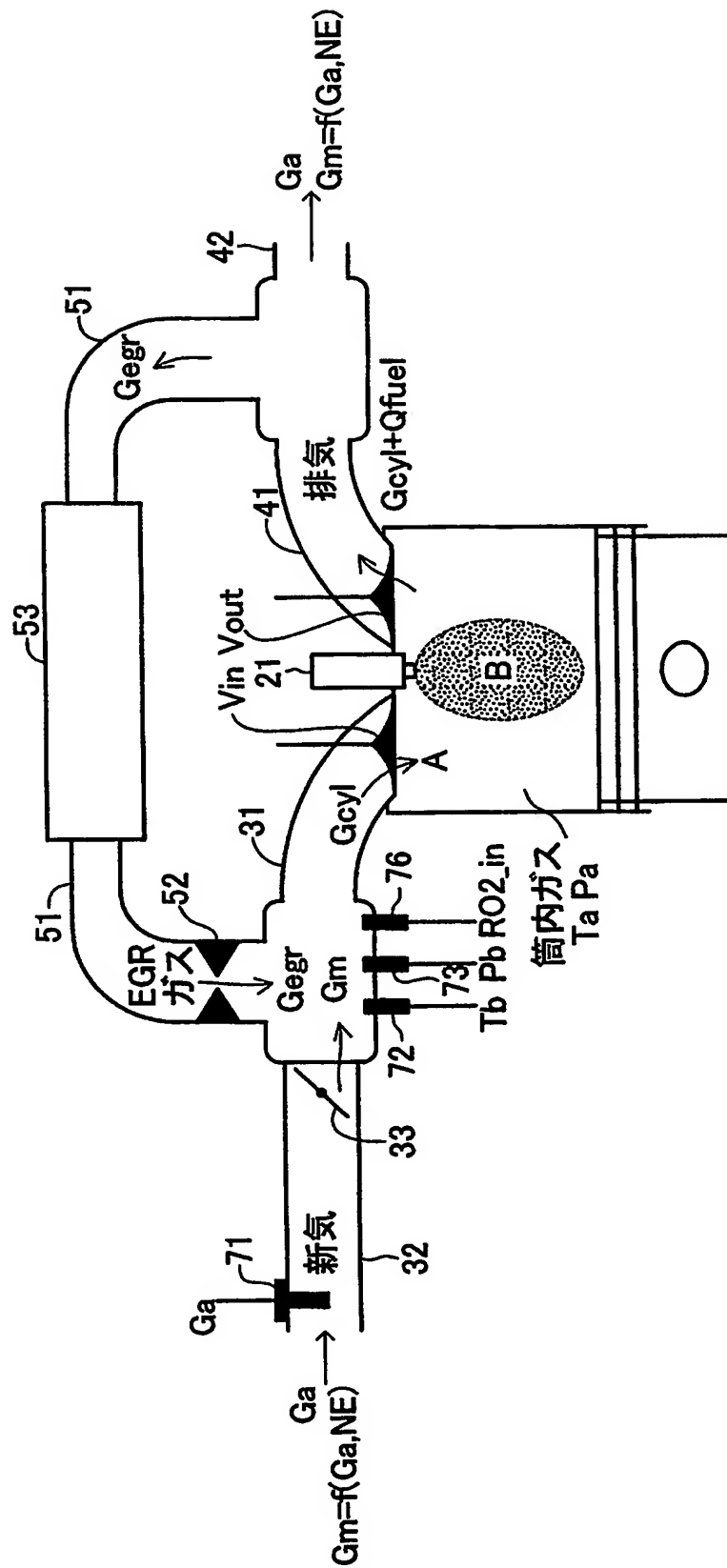
【0112】

21…燃料噴射弁、22…燃料噴射用ポンプ、31…吸気マニホールド、32…吸気管、41…排気マニホールド、42…排気管、50…EGR装置、52…EGR制御弁、60…電気制御装置、61…CPU、71…エアフローメータ、72…吸気温度センサ、73…吸気管圧力センサ、74…クランクポジションセンサ、76…吸気酸素濃度センサ

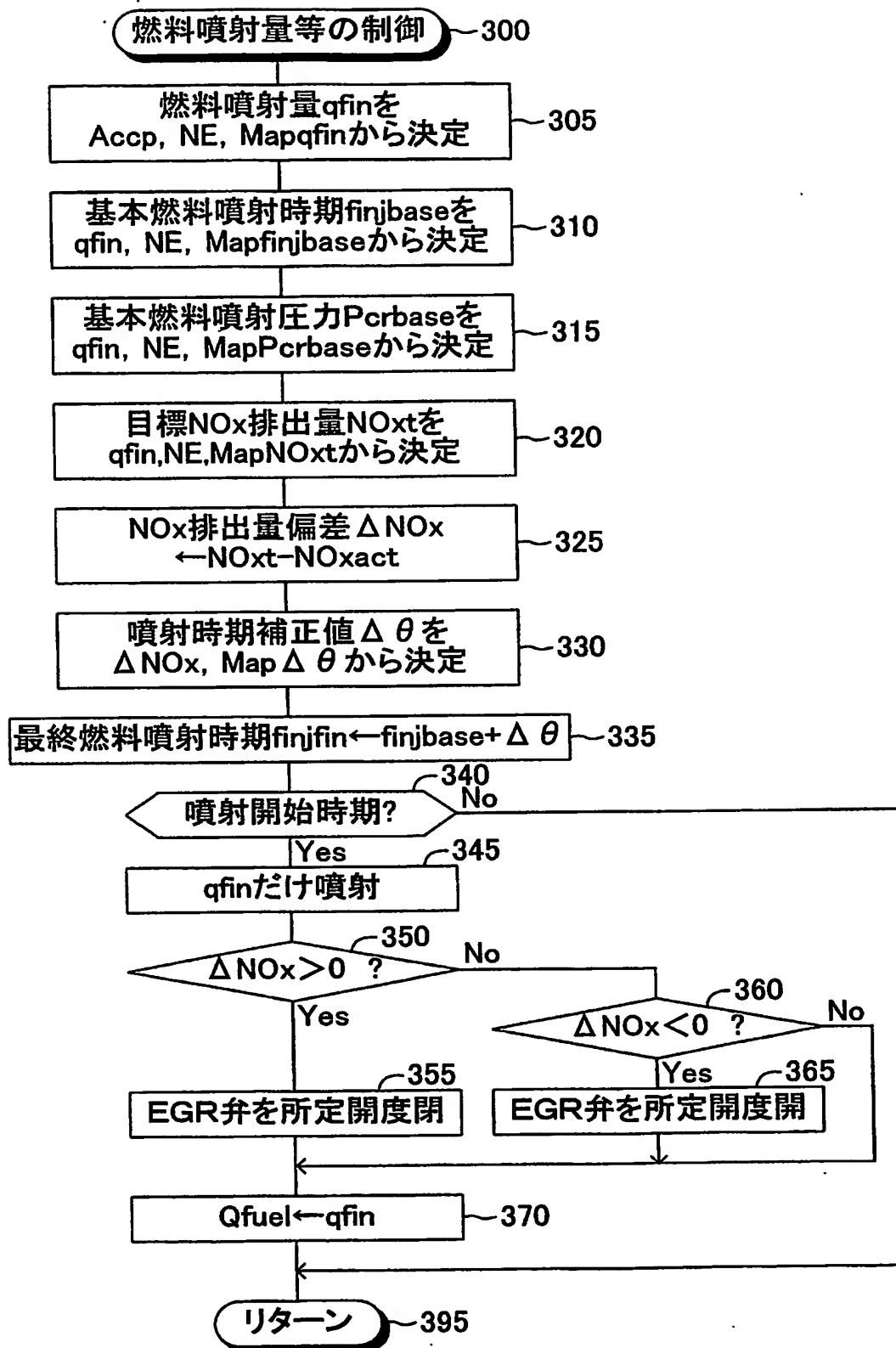
【書類名】 図面
【図 1】



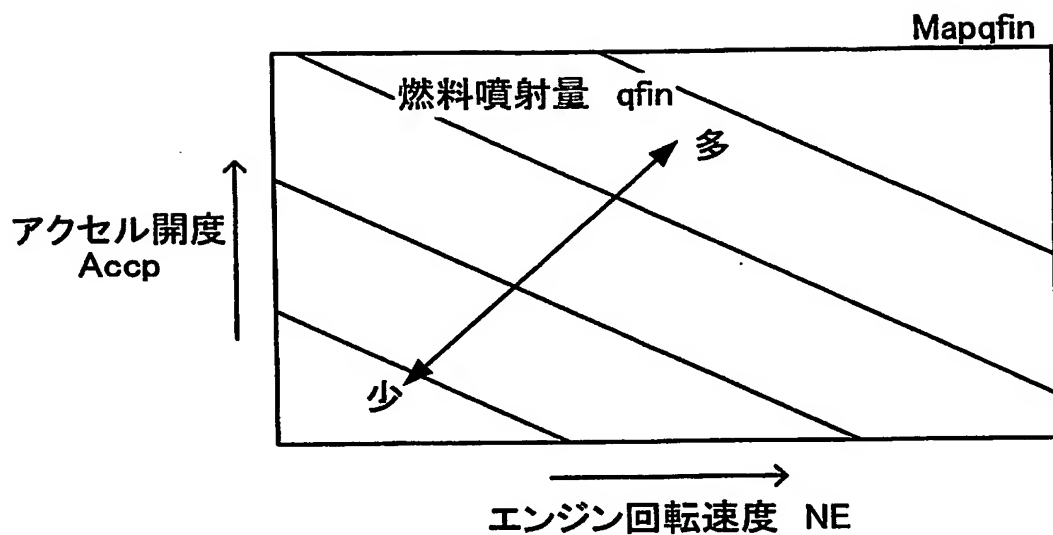
【図 2】



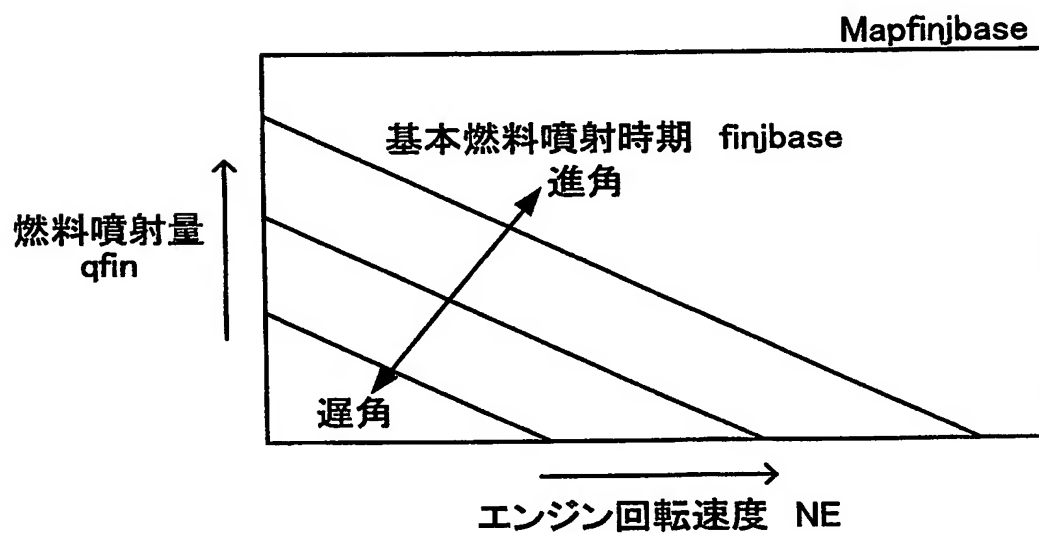
【図 3】



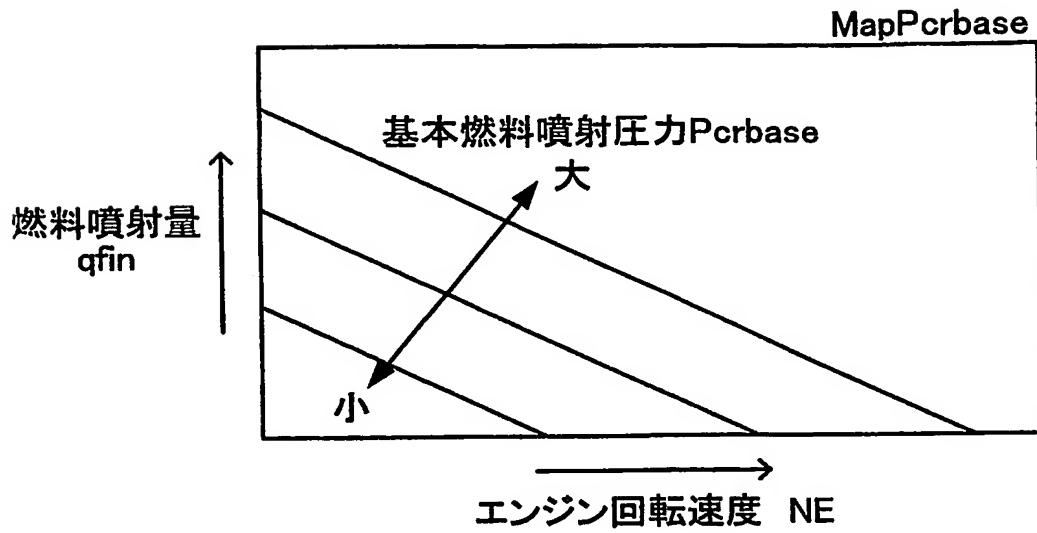
【図 4】



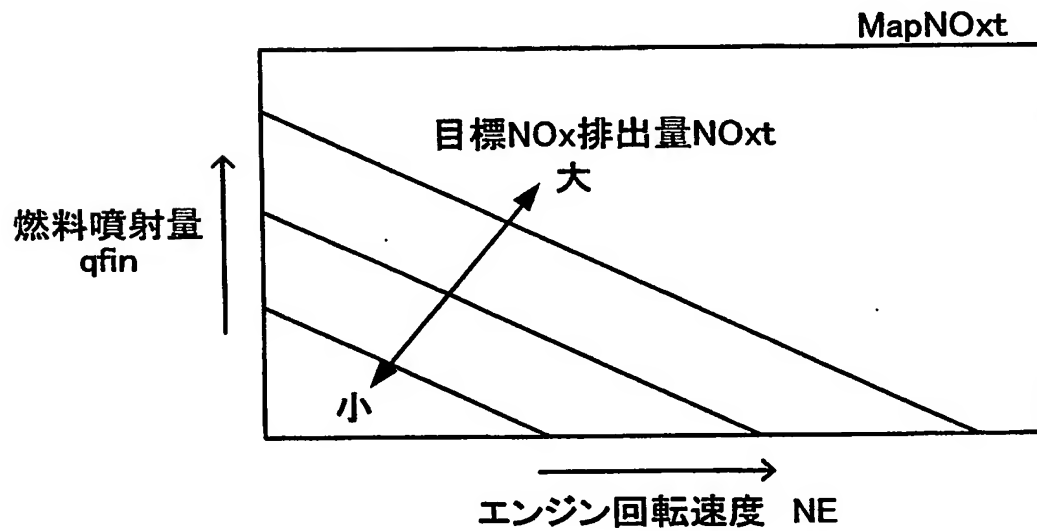
【図 5】



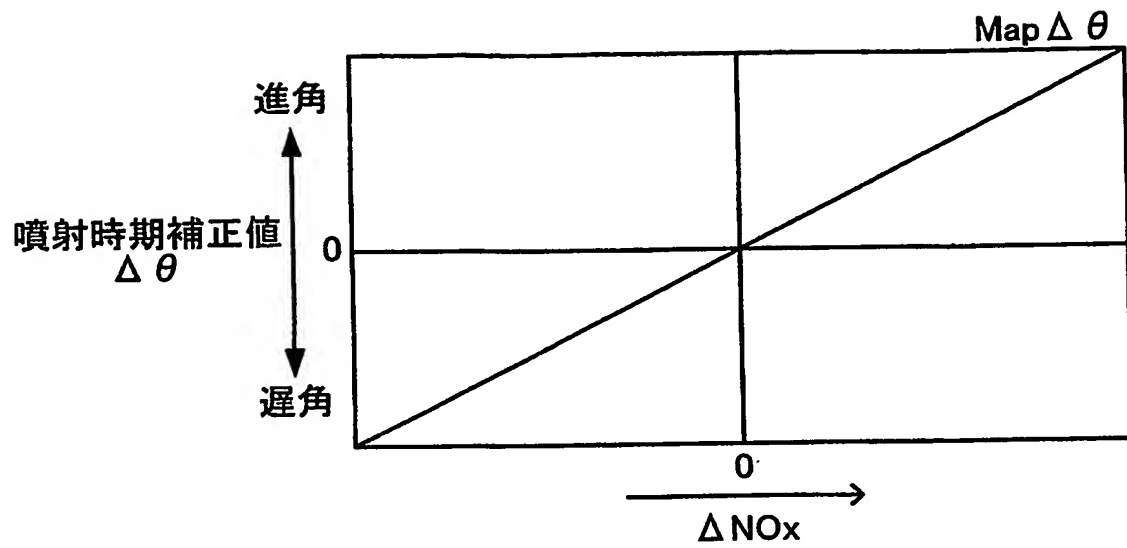
【図 6】



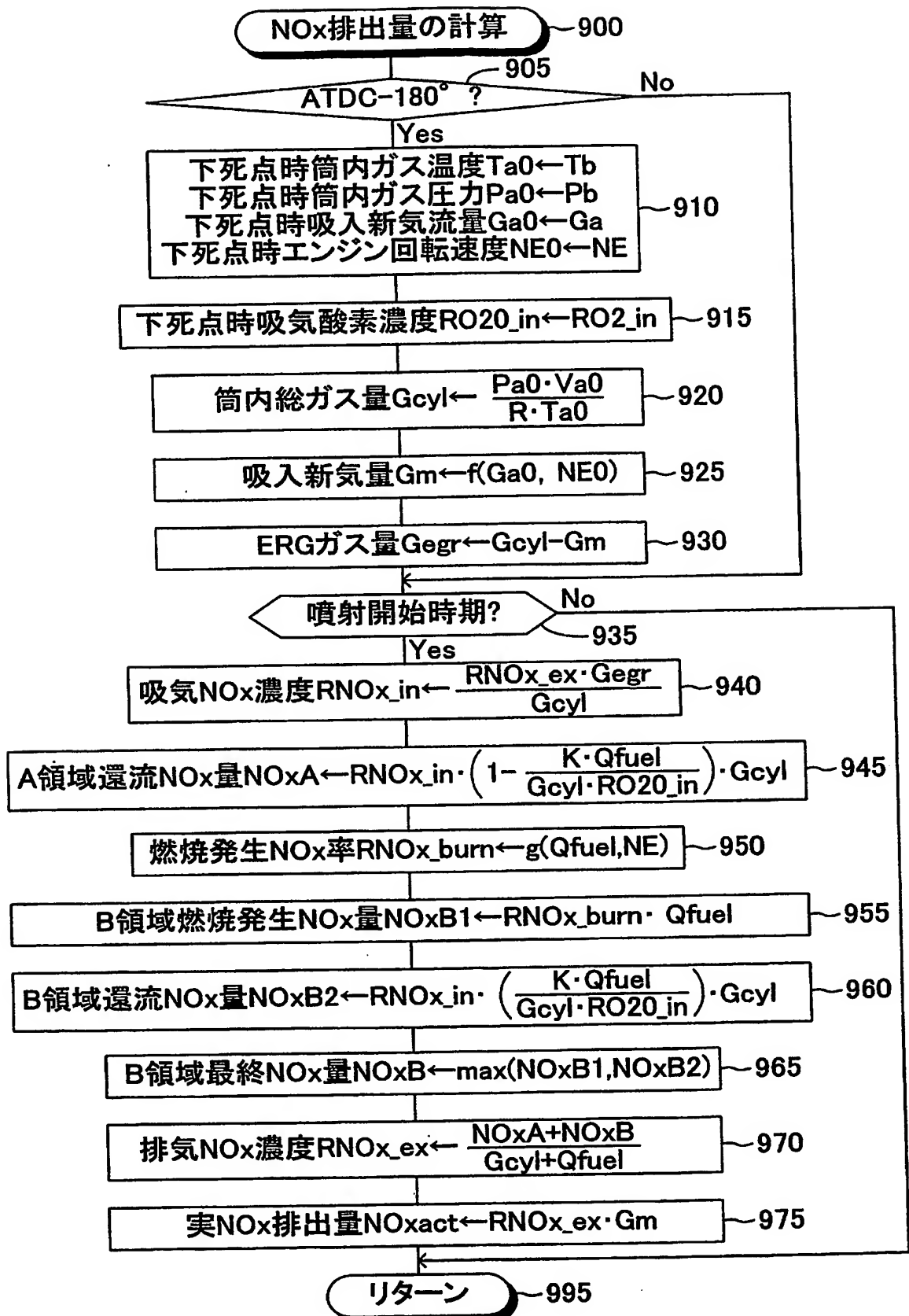
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 EGR装置を備えた内燃機関に適用され、非燃焼領域内に残存しているNO_x量を考慮してNO_x排出量を精度良く推定できるNO_x排出量推定方法を提供すること。

【解決手段】 この方法は、燃焼室内に吸入された吸気中の各ガス成分（酸素分子、NO_x等）は同燃焼室内全域に渡ってそれぞれ均一に分布するとの仮定のもと、「燃焼室内に吸入された酸素の全質量」に対する「燃焼により消費される酸素の質量」の割合を利用して、同燃焼室を、燃焼領域（B領域）と非燃焼領域（A領域）とに区別する。そして、燃焼後においてB領域には燃焼により発生した燃焼発生NO_x量が残存するとともに、A領域ではEGRガスの還流により燃焼前に存在していたA領域還流NO_x量がそのまま燃焼後も保存されるとの仮定のもと、B領域にて発生する燃料発生NO_x量のみならず前記A領域還流NO_x量をも考慮して、排気通路から外部へ排出されるNO_x排出量を計算する。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-376456
受付番号	50301833787
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成15年11月 7日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年11月 6日
【特許出願人】	
【識別番号】	000003207
【住所又は居所】	愛知県豊田市トヨタ町1番地
【氏名又は名称】	トヨタ自動車株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名古屋KSビル 特許業務法人プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	東京都新宿区新宿1丁目6番8号 新宿鈴木ビルB館5階 特許業務法人プロスペック特許事務所 東京事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115233
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤3丁目1番18号 名古屋KSビル 特許業務法人プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	樋口 俊一

特願 2 0 0 3 - 3 7 6 4 5 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社